

Здесь ρ , u , v , T , a – плотность, а также x и y составляющие скорости, температура и объемное содержание фаз, нижний индекс 1 относится к параметрам несущей фазы, индекс 2 к параметрам дисперсной фазы, R , c , λ , μ – газовые постоянные, удельные массовые теплоемкости при постоянном объеме и вязкости газов; p , e – давление и полная энергия несущей фазы. Величины F_x , F_y , Q_1 определяются законами межфазного трения и теплообмена. Тепловая энергия взвешенной в газе твердой фазы определяется как $e_2 = \rho_2 C_{p2} T_2$. Система уравнений дополнялась соответствующими начальными и граничными условиями. На границах расчетной области задавались условия прилипания для составляющих скорости несущей и дисперсной фазы и граничные условия Неймана для остальных функций.

Список публикаций:

- [1] Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред. Ч.1 Наука, 1987.-464с.
- [2] Куликов В.Н., Липидус А.И., Иванов Г.Г., Шамиев К.О. Структура ударной волны в газозвеси //МЖГ, 1989. № 2. С.190- 191.
- [3] Кутушев А. Математическое моделирование волновых процессов в аэродисперсных и порошкообразных средах. СПб.:Недра, 2003, 284 с.
- [4] Тонконог В.Г., Тукмаков Д.А. Нелинейные колебания газозвеси и дрейф твердой фазы в акустическом резонаторе проточного типа // Инженерно-физический журнал, 2013. Т. 86. № 3. С.576-583.
- [5] Fletcher C.A., Computation Techniques for Fluid Dynamics, Springer-Verlang, Berlin et al., 1988, 502 P.
- [6] Кадомцев Б.Б. Коллективные явления в плазме/ Кадомцев Б.Б. Издательство «Наука». Москва 1988.-303 с.
- [7] Сальянов Ф.А. Основы физики низкотемпературной плазмы, плазменных аппаратов и технологий/ Сальянов Ф.А. Москва –«Наука». 1997. 240 с.
- [8] Кузенов В.В., Филиппский М.В. Численное моделирование отдельных теплофизических параметров лазерной плазмы //Физико-химическая кинетика в газовой динамике. 2010. Т. 9. № 1. С. 150-158.
- [9] Голубев А.И., Сысоева Т.Г. Схема расщепления для численного моделирования динамики бесстолкновительной релятивистской плазмы//Вопросы атомной науки и техники. Серия: Математическое моделирование физических процессов. 2010. № 1. С. 19-31.

Измерение магнитной системы ионного источника типа «Радикал» с азимутальным дрейфом электронов

Тютерева Юлия Евгеньевна

Новосибирский государственный университет

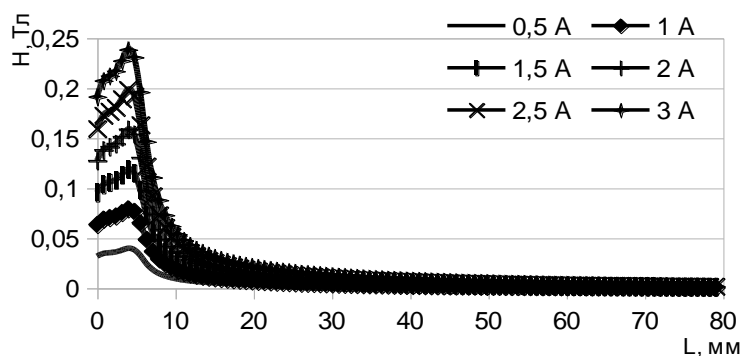
Золкин Александр Степанович, к.ф.-м.н.

Y57z@mail.ru

Введение. Ионные источники используются для синтеза нанопокровов [1], в процессах распыления материалов, для получения тонких пленок [2], для очистки и активации поверхностей подложек перед осаждением потока осаждаемого вещества [3]. Важной задачей является поиск оптимальных параметров работы ионных источников (ИИ) с целью получения рабочих характеристик ионного потока. С целью оптимизации в работе проведено моделирование магнитного поля и сравнение с измеренным при различных токах катушки, создающей магнитное поле.

Методика. В работе рассматривается магнитная система ионного источника с азимутальным дрейфом электронов типа «Радикал». Для проведения исследования постоянный ток в катушке, создающей магнитное поле, изменялся от 0,5 А до 3 А, с шагом в 0,5 А. После этого происходило измерение зависимости магнитной индукции от расстояния от анода до 71 мм над анодом. Расстояния от анода были от 5 мм до 21 мм с шагом 2 мм, так как это были наиболее важные и интересные расстояния, и от 21 мм до 71 мм с шагом в 10 мм. Измерения проведены с помощью прибора Ш1-8. Полученные результаты представлены на рисунке (рис.1), (рис.2).

рис 1: Зависимость магнитной индукции от расстояния при различных токах катушки. Общий вид.



Результаты и обсуждение. Как видно из графика, максимальное значение магнитной индукции достигается при токе в 3 А. Локализация максимума — щель ионного источника, в которой реализуется магнитная ловушка для электрона. В этой области происходит максимальная ионизация газа, поступающего в ионный источник.

В работе сделан расчет радиуса Лармора, в области с максимальной магнитной индукцией. Данная величина должна быть существенно меньше ширины щели ионного источника. Расчет радиуса показывает, что при максимальной величине магнитной

индукции радиус Лармора существенно меньше ширины щели. Ширина щели (D) = $5 \cdot 10^{-3}$ м. $R_L \ll D$.

Сделаем теоретический расчет. Радиус Лармора для электрона, $R_L = 10^{-3}$ м. Масса электрона: $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг. При разности потенциалов $\phi = 100$ В и заряде $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

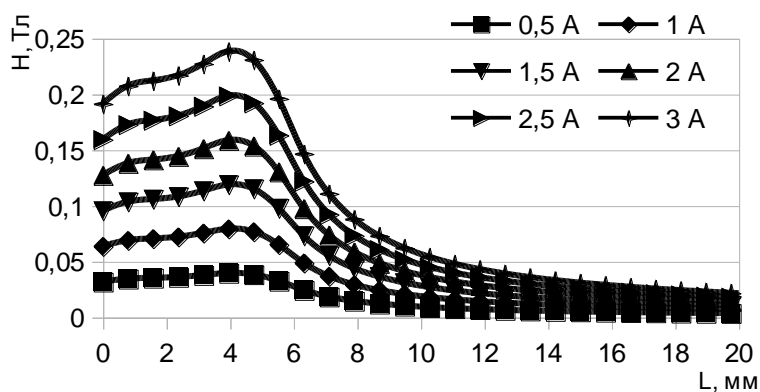
$$\frac{m \cdot V^2}{2} = e \cdot \phi \quad (1)$$

$$H = \frac{V \cdot m_e}{q \cdot R_L} \quad (2)$$

Из (1) определяется скорость электрона: $V = 0,59 \cdot 10^7$ м/с. Из (2) — магнитную индукцию, необходимую для такого радиуса: $3,4 \cdot 10^{-2}$ Тл.

На основе максимального значения магнитной индукции рассчитан радиус Лармора для электрона ($R_L = 0,23 \cdot 10^{-4}$ м). При сравнении с теоретическим расчётом видно, что радиус Лармора много меньше теоретического, значит в реальности электрон до столкновения со стенкой ИИ осциллирует, что приводит к росту числа столкновений с молекулами газа. В результате ток ионов растет.

рис. 2: Зависимость магнитной индукции от расстояния при фиксированном токе в щели и околощелевом пространстве.



С помощью программы ANSYS проведено моделирование магнитного поля и получены зависимости изменения величины магнитного поля от расстояния от анода до 71 мм, где поле существенно убывает. Произведено сравнение изменения магнитного поля при различных токах в катушке с полученной зависимостью на основе моделирования.

Приборная погрешность прибора Ш1-8 составляет 1,5%, относительная погрешность измерения длины составляла максимум 10%. Погрешность лабораторного источника питания мала в сравнении с погрешностью измерения линейных размеров. Погрешность измерения вольтамперной характеристики обусловлена неидеальностью источников

питания, амперметра, вольтметра, вакуумметра и оценивается в 10%.

Вывод. На основе проведенного исследования, определены оптимальные характеристики параметров ионного источника для синтеза нанопленок гидрогенизированного углерода.

Список публикаций:

[1] Доцент Жданов А.В. "Методы получения наноструктурированных покрытий в машиностроении"

[2] Доцент Жданов А.В. "Методы нанесения вакуумных PVD-покрытий"

[3] В.А. Столбовой, С.С. Фурсов, И.С. Зуйко "Подготовка поверхности подложек перед нанесением вакуумно-дуговых покрытий бомбардировкой ионами титана и циркония". Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт». Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина. 2011

Регулировка выходного напряжения импульсного наносекундного высоковольтного генератора

Чепусов Александр Сергеевич

Корженевский Сергей Романович, Комарский Александр Александрович, Титов Владимир Николаевич

Институт электрофизики Уральского отделения Российской академии наук

chepusov@iep.uran.ru

Одна из важнейших сфер применения высоковольтной импульсной техники — генерация мощных потоков излучения, в частности СВЧ и рентгеновского излучения. Импульсные генераторы характеризуются следующими преимуществами по сравнению с источниками постоянного высокого напряжения: компактность,